

# **RANCANGAN ALAT SIKLIK VOLTAMMOGRAM UNTUK APLIKASI PADA PENGUKURAN SEL SUPERKAPASITOR**

A.A Yani<sup>1</sup>, E.Taer<sup>2</sup>, R.N. Saputra<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Program S1 Fisika FMIPA

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Fisika FMIPA

Jurusan Fisika – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Riau Kampus Binawidya Pekanbaru, 28293, Indonesia

e-mail : [aanggrayani@ymail.com](mailto:aanggrayani@ymail.com)

## **ABSTRACT**

An instrument has been made to measure the voltage and current of supercapacitor cell using a cyclic voltammetry technique. This instrument consists of a potentiostat and a signal conditioner. Data processing and analyzing were performed using data acquisition system of a 12-bit serial ADC type ADS 7476. The ADC circuit does not have a register that why it is controlled directly by a microcontroller ATmega8. This circuit was used as analog data converter of supercapacitor cells into digital data. The output voltage of the amplifier of supercapacitor cell was acquired by the ADC before it was interfaced to microcontroller. Data obtained from the ADC was sent by the microcontroller to a computer with an RS232 serial cable and read using Visual Studio C++. The program software Visual Studio C++ controled the retrieval of data by selecting a microcontroller and gain amplifier programmable which was appropriate that the received signal data acquisition system becomes more optimal. The read data was stored in the database and then visualized in the form of graphs and tables of voltammogram measurement data. The tests conducted in this study was a testing of microcontroller, a signal conditioning and instrumentation overall. Prototypes of this instrument were tested on a modified carbon electrode with a mixture substance of CNTs 10%, PANI 15%, PVDF 5%, and 70% of activated carbon from cassava. The supercapacitor cell was assembled in the form of coins, which comminuted of ribbon Stainless steel (316L) as a current collector, a 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte and a carbon composite as a working electrode. The measurement of current obtained a current in the range of -1mA to 0.993 mA at a voltage between 0 Volt to 0.5 Volt from a voltammogram curve. The result obtained was then composed with the instrument tool of the commercial potentiostat. Error percentage of all measurements was  $\pm 6.05\%$ .

Key words: *Microcontroller, Cyclic voltammetry, Potentiostat*

Telah dibuat suatu instrumen pengukuran sel superkapasitor dengan menggunakan teknik voltametri siklik. Instrumen ini terdiri dari potensiostat dan pengkondisi sinyal. Pengolahan dan penganalisaan data hasil pengukuran dilakukan oleh sistem akuisisi data ADC serial 12-bit dengan tipe ADS 7476. Rangkaian ADC tidak memiliki registrasi sehingga dikontrol langsung oleh mikrokontroler ATmega8. Rangkaian ini merupakan pengubah data analog dari sel superkapasitor menjadi data digital. Tegangan keluaran dari penguat sel superkapasitor diakuisisikan dengan ADC sebelum diantar-mukakan ke mikrokontroler. Data yang diperoleh dari ADC dikirim oleh mikrokontroler ke komputer dengan kabel serial RS232 dengan bahasa pemrograman software Visual Studio C++. Program software Visual Studio C++ mengontrol pengambilan data oleh mikrokontroler serta memilih penguatan programmable amplifier yang sesuai agar sinyal yang diterima sistem akuisisi data menjadi lebih optimal. Data-data yang terbaca disimpan dalam database kemudian divisualisasikan berupa grafik voltamogram dan tabel data pengukuran. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian mikrokontroler, pengkondisi sinyal dan instrumentasi keseluruhan. Prototipe instrumen ini diujikan pada elektroda karbon yang dimodifikasi dengan persentasi campuran CNT 10%, PANI 15%, PVDF 5% dan sisanya karbon aktif dari kulit ubi kayu. Sel superkapasitor dirakit dalam bentuk koin dengan komponen : Pita Stainless steel (316L) sebagai pengumpul arus, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M sebagai elektrolit dan karbon komposit sebagai elektroda kerja. Didapatkan hasil pengukuran arus dengan range -1mA sampai 0,993 mA pada daerah scan tegangan antara 0 Volt sampai 0,5 Volt dari kurva voltamogram. Hasil yang didapat kemudian dikomparasi dengan instrumen alat potensiostat komersial. Persentasi Error dari semua pengukuran sekitar  $\pm 6,05 \%$

Kata kunci: *Mikrokontroler, Voltametri Siklik, Potensiostat.*

## PENDAHULUAN

Siklik voltammogram merupakan suatu pengukuran untuk menentukan nilai kapasitansi sel elektrokimia dari material karbon dengan laju scan dari tegangan awal sampai tegangan akhir (Skoog *et al.* 1996). Siklis voltammogram (CV) dapat digunakan sebagai pengatur aliran ion dalam proses perubahan sifat nanopartikel dan karakterisasi sifat potensial suatu bahan, selain itu juga dapat digunakan untuk mengukur sifat kapasitansi superkapasitor.

Pengukuran superkapasitor menggunakan CV menampilkan hubungan antara arus dan potensial, sehingga dapat diperoleh data hubungan arus dan potensial yang ditentukan tiga atau dua elektroda. Salah satu alat ukur Siklik voltammogram adalah VersaStat II Princeton Applied Research, tapi alat ini cukup mahal. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan perangkat alat ukur Siklik voltammogram.

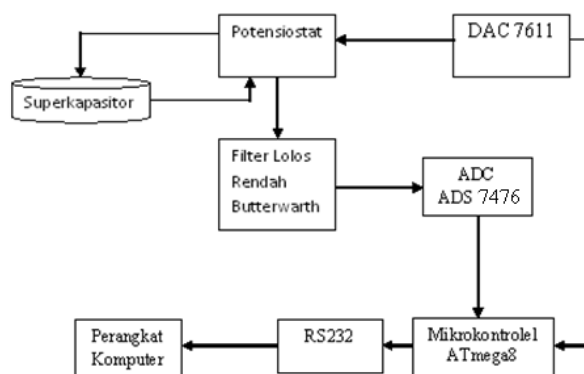
Perancangan alat ukur siklik voltammogram ini dibuat efisien dan seefektif mungkin sehingga dapat memberikan tingkat ketelitian yang baik. Oleh karena itu,

perancangan alat ukur siklik voltammogram ini akan memanfaatkan teknologi digital berupa komputer, sehingga pengukuran dapat dilakukan secara *real time*. Hasil pengukuran Siklik voltammogram dapat diketahui secara otomatis dan mempermudah pengolahan serta penyimpanan data.

## METODE PENELITIAN

### a. Pembuatan Rangkaian Analog

Desain dan pembuatan rangkaian pengolah pengukur superkapasitor terdiri dari rangkaian sumber arus, sumber tegangan, rangkain potensiostat, filter, DAC 7611, ADC ADS7476 dan Mikrokontroler ATmega8. Semua bagian digabungkan, sehingga bisa membentuk suatu diagram blok lengkap dari alat yang dirancang dan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain dan pembuatan rangkaian pengolah pengukur superkapasitor

### b. Pembuatan Rangkaian Digital

Rangkaian digital yang dimaksud terdiri dari *analog digital converter* (ADC), mikrokontroler dan interface. Komponen ADC digunakan adalah ADC tipe ADS 7476 yang berfungsi mengubah sinyal analog yang berasal dari pengolah isyarat untuk dikonversi menjadi bentuk sinyal digital. Selanjutnya data digital yang berasal dari rangkaian ADC akan diolah oleh mikrokontroler yang nantinya di antar-mukakan ke komputer. Rangkaian digital ini akan berbentuk modul sehingga dapat dihubungkan ke rangkaian lainnya

### c. Display

Keluaran dari mikrokontroler yang diperoleh dari hasil keluaran ADC akan ditampilkan di komputer menggunakan kabel serial RS232. Tampilan pada komputer di rancang terlebih dahulu dengan *Software* Visual Studio C++.

#### d. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data diperlihatkan pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa untuk mengukur arus suatu sel superkapasitor. Dimulai dari menghubungkan sel superkapasitor ke alat siklik voltamogram, kemudian pada sel superkapasitor memiliki dua kutup yang dihubungkan ke alat sebagai pendeteksi tegangan pada sel superkapasitor. Keluaran dari sel superkapasitor berupa arus analog yang kemudian diperkuat oleh penguat analog sehingga dapat dikonverter ke ADC dan selanjutnya diproses ke mikrokontroler dan di antarmuka pada komputer. Hasil pengukuran yang diperoleh perubahan besaran arus dan tegangan. Perubahan arus di sebabkan oleh variasi tegangan (V) sehingga hasil pengukuran yang diperbolehkan berupa grafik hubungan antara tegangan terhadap variasi arus.

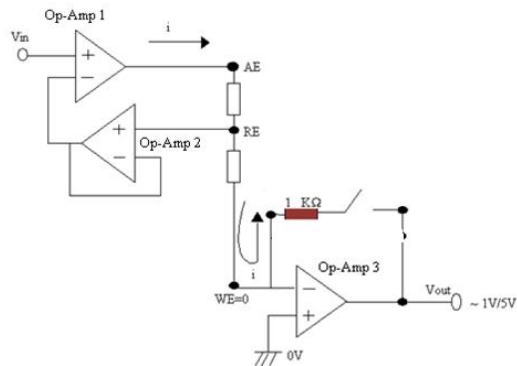


Gambar 2. Blok diagram pengambilan data

### HASIL DAN PEMBAHASAN

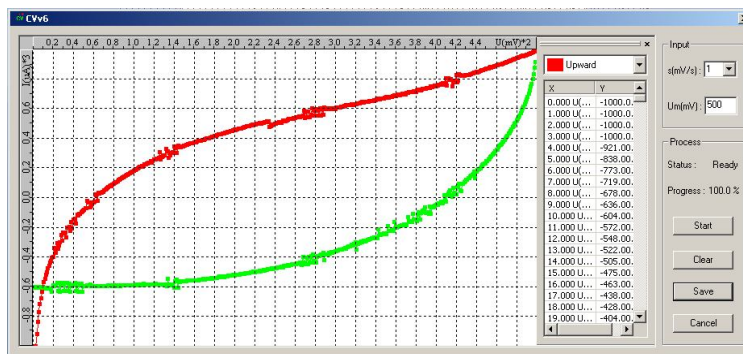
Untuk dapat mengetahui karakteristik sel superkapasitor dengan memberi sebuah input sumber tegangan. Respon sel superkapasitor akan menghasilkan output arus, sehingga dapat diolah pada proses selanjutnya pada input *analog to digital*, maka dibutuhkan rangkaian yang mampu menguatkan sinyal output arus dari sel superkapasitor, sehingga dapat mengatur output arus, dan menghasilkan bebas *noise*. Rangkaian tersebut adalah rangkaian potensiostat yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pembuatan rangkaian potensiostat menggunakan sumber tegangan dengan output +1V dan -1V. Rangkaian potensiostat terdiri dari beberapa bagian seperti rangkaian Buffer, filter dan konversi arus menjadi tegangan. Pada rangkaian ini dibuat dalam suatu modul sehingga dapat dihubungkan ke rangkaian lainnya.

Sistem akuisisi data pada alat ukur siklis voltamogram ini menggunakan ADC serial 12-bit dengan tipe ADS 7476. Rangkaian ADC tidak memiliki registrasi sehingga dikontrol langsung oleh mikrokontroler ATmega8535. Rangkaian ini merupakan pengubah data analog dari sel superkapasitor menjadi data digital. Tegangan keluaran dari penguat sel superkapasitor diakuisisikan dengan ADC sebelum diantar-mukakan ke mikrokontroler. Data yang diperoleh dari ADC ini dikirim oleh mikrokontroler ke komputer dengan kabel serial RS232.



Gambar 3. Rangkaian Potensiostat

Tampilan dikomputer telah dirancang sebelumnya dengan menggunakan software Visual Studio C++. Fungsi dari Visual C++ disini adalah untuk mempermudah melihat hasil dari keluaran alat pengukuran. Tampilan pertama disebut charge yang ditunjukkan pada garis berwarna merah dan kondisi kedua disebut discharge yang ditunjukkan pada garis berwarna hijau. Tampilan data yang menghasilkan histerisis, hal ini disebabkan karna sifat dasar dari pola perpindahan ion dan elektron kedalam dan keluar pori elektroda sel superkapasitor (K. Kinoshita, 1988). Adapun bentuk dari tampilan hasil akuisisi data pada komputer dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan program akuisisi data dengan Visual Studio C++

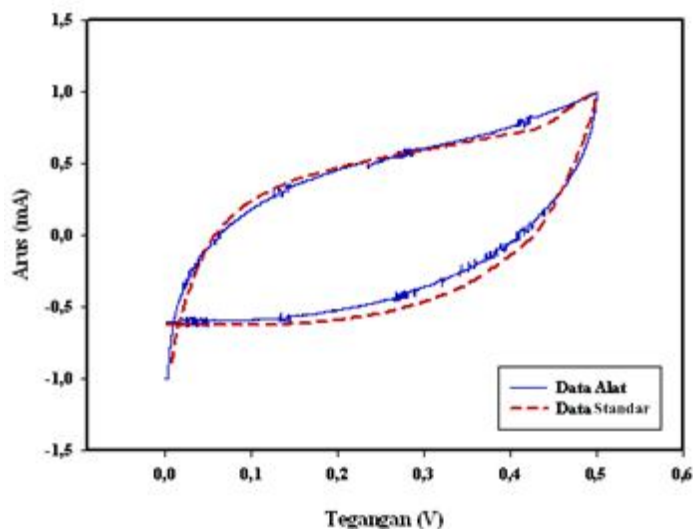
Pengukuran pada sel superkapasitor dilakukan dengan meletakkan sel superkapasitor berada antar dua kutup yang akan memisahkan antara elektroda kerja dan elektroda referensi. Data pengukuran berupa tegangan dalam mV hasil konversi dari keluaran arus mA. Dengan waktu yang diperlukan berkisaran 1s sampai 2s dan tegangan yang di butuhkan adalah tegangan awal 0 mV sampai 500 mV dengan menghasilkan arus antara -1mA sampai 0,993 mA.

Pada penelitian ini dilakukan kalibrasi alat yang bertujuan untuk membandingkan hasil dari pengukuran alat yang dibuat (Physics CV UR Rad-Er 5841) yang ditunjukkan pada Gambar.5 dengan alat standar (kalibrator) yang telah teruji ketepatan dan ketelitiannya. Proses kalibrasi dilakukan di Laboratorium Fisika Material Universitas Andalas Padang dengan menggunakan VersaStat II Princeton Applied Research.



Gambar 5. Physics CV UR Rad-Er 5841

Pengujian dilakukan dengan perangkat lunak yang telah dibuat dengan Visual Basic. VersaStat II Princeton Applied Research memiliki batas ukur kuat arus maksimum sebesar 1mA dan untuk mengoperasikan dibutuhkan sumber daya yang stabil. Hasil kalibrasi yang sudah dilakukan memperoleh persentase error sebesar  $\pm 6,05\%$  yang ditunjukkan pada Gambar 6. Data kalibrasi ini menunjukkan bahwa alat yang dibuat memenuhi standar operasional.



Gambar 6. Grafik hubungan antara VersaStat II Princeton Applied Research kalibrator terhadap Siklik Voltammogram Physics CV UR Rad-Er 5841

## KEIMPULA DAN SARAN

Alat siklik voltametri telah berhasil dirancang dan dapat digunakan secara berkala, sehingga dapat disimpulkan sebagai berikut: Pada penelitian ini digunakan sel superkapasitor untuk mendeteksi tegangan dan arus masukan sehingga didapatkan grafik siklis voltametri. Dengan rentang tegangan 0V sampai 0,5 V dan arus yang dihasilkan dari -1mA sampai 0,993 mA. Semakin besar tegangan yang mengalir dalam sampel tersebut maka semakin besar arus yang dihasilkan begitu juga waktu pengambilan data sampel serta dengan laju scan yang berbeda, namun pada penelitian ini hanya diukur 1 laju scan yaitu 1mV/s. Rata-rata persentase Error dari semua pengukuran sekitar  $\pm 6,05$  % dari VersaStat II Princeton Applied Research (alat referensi). Keterbatasan alat ukur yang telah dibuat dalam penelitian ini dapat mengukur arus yang kurang dari 1mA. Oleh karena itu untuk pengembangan alat ukur selanjutnya dapat dilakukan dengan memvariasikan pengukuran sampel dengan laju scan yang bervariasi 2 mV/s, 5 mV/s, 10 mV/s, 20 mV/s, 50 mV/s, 100 mV/s dan menambahkan arus yang lebih besar dari 1mA

## DAFTAR PUSTAKA

- K. Kinoshita, 1988, *Carbon–Electrochemical and Physicochemical Properties*, Wiley, New York
- Skoog, Douglas, Donald M. West, F. James Holler, 1996, *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Seventh Ed., Saunders College Publishing.